图书情报工作
第 65 卷 第 8 期 2021 年 4 月

丹麦技术大学智慧图书馆建设实践研究*

■ 闫伟东
深圳大学城图书馆 深圳 518055

摘 要:[目的/意义]通过对国外典型智慧图书馆的实证研究,为我国智慧图书馆建设和发展提供借鉴。[方法/过程]利用文献调研法、比较分析法及典型案例分析法,梳理丹麦技术大学(DTU)智慧图书馆的建设现状、目标、基础架构及核心系统,分析其智慧化建设理念及实践特点。[结果/结论]智慧图书馆是图书馆未来发展的必然趋势,人是图书馆的核心元素,智慧图书馆建设应坚持以人为本;生活实验室打造是智慧图书馆的发展趋势之一。同时,智慧图书馆建设不可能一蹴而就,需坚持特色化、渐近式发展,坚持拥抱各种智能技术,逐步融入智慧城市发展进程。

关键词:智慧图书馆 丹麦技术大学(DTU)图书馆 实践
分类号:G259
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2021.08.013

1 引言

图书馆是知识收藏及传播的场所,随着计算机、互联网、数字存储等技术的不断发展,图书馆的角色以及图书馆与用户之间的关系正在发生巨大变化,用户在数字世界中的信息获取已不再需要图书馆员的帮助,关于图书馆存在的意义甚至也受到质疑。幸运地是,图书馆是一个不断自我调整、自我适应、自我成长的有机体,每一次的技术发展与变革,图书馆界都会积极响应并参与其中,以实现自身的发展。近年来,以物联网(IoT)、大数据、云计算、人工智能、区块链等为代表的智能技术所赋予的智慧时代正在为不同的用户激发更多可能性,图书馆界也在积极地进行智慧图书馆研究、探索与实践,以适应当前智慧时代。J. Schöpfel 认为智慧图书馆应包括 4 个维度,即智慧服务、智慧人员、智慧场所和智慧管理,同时他还认为智慧图书馆没有统一模型,其更是一种过程、一种做事的方式,结构化程度较低,从而更具创造力和创新性[1]。G. Sumeer 等认为技术是智慧图书馆的核心和基础,核心技术是物联网、人工智能、数据挖掘[2]。通过文献调研发现,学术界目前对智慧图书馆并没有统一的定义,智慧图书馆的相关研究主要聚焦在智慧图书馆建设、智慧图书馆技术、智慧图书馆服务、智慧图书馆管理等领域,所涉及的主题词主要包括 RFID、物联网、大数据、人工智能、云计算、传感器、智慧建筑、图书馆系统、能源效率等(见图 1)。尽管智慧图书馆相关研究受到越来越多的关注,但目前对智慧图书馆的研究多停留在理论层面、技术层面以及对智慧图书馆未来场景进行描述,少数文献也相对片面地聚焦于智慧图书馆的某个模块,如智能书架、检索系统、馆藏管理系统、能耗管理等[3-6],学术界目前对智慧图书馆建设案例的研究则少之又少。丹麦技术大学(Technical University of Denmark,DTU)图书馆是世界上较早实施智慧图书馆理念并将多种新技术投入运营的图书馆之一[7],其通过智慧化建设而成为了一个更具创造性和创新性的生活实验室(Living Lab),校内外师生及科研人员可以通过该图书馆开发、测试各种智慧新技术[8]。DTU 图书馆已成为许多图书馆智慧化建设学习的典范,本文以该馆为案例,总结其智慧化建设理念及特点,旨在为国内图书馆智慧化建设提供借鉴。智慧图书馆是图书馆未来发展的方向和新形态[9],图书馆通过智慧化建设,可以实现物理空间、信息资源、管理及服务的智慧化;可以构建更具吸引力的信息互联环境;可以创造更多元的信息共享空间;可以为用户提供更高效、更优质的服务;可以弥合图书馆所提供的服务与用户快速变化的服务需求之间的鸿沟;可以帮助图书馆重塑自我并保持其在新信息环境中的地位,彰显图书馆新价值,为图书馆可持续发展提供新的动力。

* 本文系广东省图书馆学会科研项目“国外图书馆智慧化建设实践及研究”(项目编号:GDTK2021)研究成果之一。
作者简介:闫伟东(ORCID:0000-0001-8701-7355),信息情报部主任,副研究馆员,E-mail:Yanwd@utsz.edu.cn。
收稿日期:2020-12-15 修回日期:2021-02-04 本文起止页码:122-130 本文责任编辑:易飞

闫伟东. 丹麦技术大学智慧图书馆建设实践研究[J]. 图书情报工作,2021,65(8):122－130.



图 1　智慧图书馆主题词词云

2　DTU 智慧图书馆建设实践

DTU 坐落于丹麦首都哥本哈根北部的灵比市(Lyngby),由被誉为电磁学之父的丹麦物理学家奥斯特(H. C. Ørsted)于 1829 年创立,其愿景是通过发展和利用自然科学和技术科学来造福社会。截至 2019 年,DTU 共有 12 048 名在校生、2 147 名教师及科研人员。DTU 是世界顶尖的理工大学之一,也是世界最具创新力的大学之一,根据路透社 2019 年全球 100 所最具创新力大学排名,DTU 在欧洲排名第 9,在世界排名第 48,同时,DTU 也是丹麦最大的工程教育中心[10]。

DTU 图书馆是一家具有多重职能的图书馆,既是丹麦技术大学的大学图书馆,也是服务当地居民的公共图书馆,还是丹麦国家技术信息中心[11]。其基本使命是以用户为中心的、领先的创新型研究图书馆,支持 DTU 的研究、教育和合作。DTU 图书馆为读者提供每周 7 天、每天 24 小时全天候服务。技术的发展及图书馆新技术的应用,方便读者的同时,也使 DTU 图书馆员可以将精力集中在更复杂的问题上。于是,自 2013 年,DTU 图书馆开始实施智慧化的升级改造,该智慧化升级改造项目也是 DTU 智慧校园计划的一部分。通过智慧化升级改造,使其不仅仅是一个学习场所,更是学生、教师及科研人员的室内生活实验室,为此,DTU 图书馆将所有的纸本图书移至图书馆地下室,从而为读者的学习、协作、娱乐、社交创造更多的空间。同时,在图书馆升级改造中实施了多种智能解决方案,配备了数以千计的温度传感器、湿度传感器、颗粒传感器、CO_2 传感器、噪音传感器等,用以测量图书馆室内环境温度、湿度、颗粒、CO_2、噪音等,以收集与室内气候相关的数据,另外,安装了数百个 Modcam 摄像系统用以测量、跟踪及分析读者对图书馆的使用情况。不同类型的传感器不仅用于增强图书馆空间的智慧化感官体验,而且可以为学生、教师及科研人员提供研究所需的各种传感器数据,真正成为学生、教师及科研人员的生活实验室[8]。

2.1　DTU 智慧图书馆建设愿景及目标

DTU 智慧图书馆建设的愿景是:努力将图书馆空间打造成一个室内生活实验室,学生、教师及科研人员可以在其中收集及分析科学数据,开发、测试和演示智慧技术,同时优化图书馆室内照明、气候环境,创建最佳的学习环境,以促进学习[8]。DTU 智慧图书馆建设目标主要聚焦在 4 个层面:①为学生提供最佳的学习环境,对图书馆室内温度、湿度、CO_2 水平、噪音、照明等环境因素进行最佳设置,部分环境气候参数还可根据一年中不同季节、一天中的不同时间、学习方式改变等进行调整。DTU 图书馆的读者要能够即时、准确地了解图书馆各个区域的室内气候状况,并从中选择最能满足其要求的位置。读者还可以使用其手机等移动设备控制他们单独或集体学习房间的温度、湿度和照明条件。②把通过智能技术获取的数据提供给研究人员进行科学研究也很重要,DTU 智慧图书馆就是要打造一个生活实验室,研究人员和学生可以在其中开发、测试和使用各种智慧技术。当然,遵守数据保护法非常重要,为此,DTU 图书馆以完全匿名的方式向研究人员提供相关数据。③创建一个创新的图书馆空间,使之成为师生教学、学习、创新的技术游乐场。④要有环境意识,智慧化解决方案必须是环境友好的,可以有效节省能源,从而为大学节省更多的经费用于其他更需要的领域[12]。

2.2 DTU智慧图书馆基础及架构

智慧场所是智慧图书馆的重要维度，也是智慧图书馆的载体和基础[13]。对于智慧图书馆而言，智慧场所包含两个层面，其一是可持续发展，即符合绿色图书馆的理念；其二是所有与之相关的智慧生活、智慧学习以及有助于促进读者学习和生活、提升图书馆作为读者第三空间吸引力的要素[1]。基于DTU智慧图书馆建设的愿景，DTU智慧图书馆建设所聚焦的要素主要包括：①为用户打造舒适的学习环境；②创建一个激发创新和学习的技术乐园；③打造生活实验室，为用户提供研究所需的数据；④绿色可持续发展的环境。其所聚焦的要素背后无不体现智慧场所对于DTU智慧图书馆建设的重要性。因此，DTU智慧图书馆建设的首要任务就是进行智慧场所的建设，在此过程中，DTU图书馆安装了数千个多种类型的传感器、数百个智能摄像头以及丹麦iBond公司基于TRACY技术的智能LED系统。该智能LED系统还集成了用以测量照明、温度、湿度、CO_2、噪音等的物联网传感器。DTU图书馆智慧化建设所安装的传感器等基础设施如表1所示，DTU智慧图书馆基础架构如图2所示[8]。由于DTU智慧图书馆是DTU智慧校园计划的一部分，安装在图书馆以外DTU校区的约300 000个传感器所提供的数据在DTU图书馆也可以实现共享，这为学生及科研人员的研究创新以及图书馆的智慧服务提供了大数据来源，DTU智慧图书馆数据流如图3所示。

表1 DTU图书馆智慧化建设基础设施

项目	基础设施	备注
图像层面	120个ModCam摄像系统	生成热图和轨迹图，辅助图书馆管理决策，例如，家具布置、图书馆服务优化等
气候层面	数千个用以测量温度、湿度、CO_2、颗粒、风速、噪音等的传感器	——
光线层面	测量光线亮度及颜色的传感器	——
运动层面	PIR红外传感器、WiFi、蓝牙	收集有关图书馆各区域的读者人数及其活动轨迹等数据
智能照明	LED iBond智能照明解决方案	智能LED基于丹麦LED iBond公司的专利旗舰技术TRACY，该技术适用于物联网，可用于智能建筑和互联环境搭建，该智能LED允许集成各种电子设备，例如温度、湿度、噪音、CO_2、运动等物联网传感器，以测量图书馆温度、湿度、CO_2和噪音等
其他	iBeacons、Li－Fi、抑制噪音的麦克风、扬声器	——

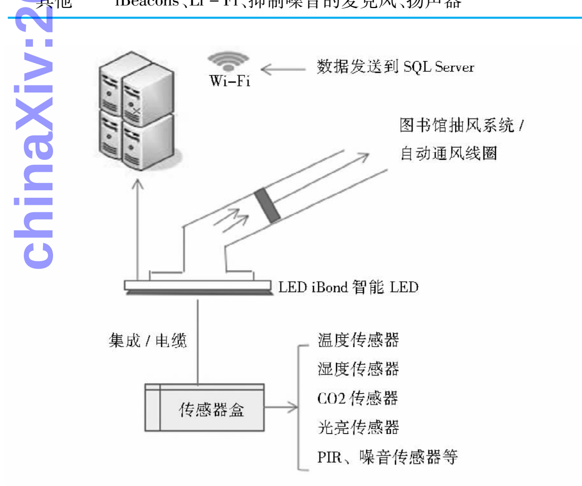


图2 DTU智慧图书馆基础架构[8]

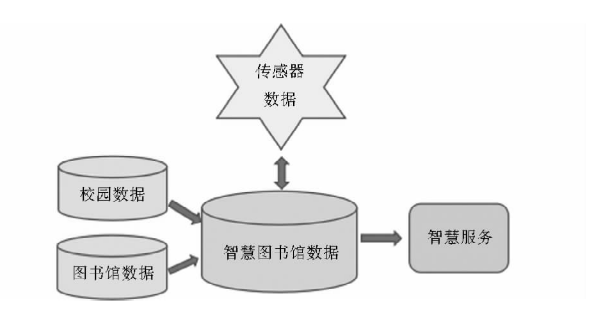


图3 DTU智慧图书馆数据流

2.3 DTU智慧图书馆的核心系统

2.3.1 智慧照明系统

对于建筑物而言，要使其所有区域均能实现自然采光通常相当困难，一些老建筑物尤为如此。研究发现，虽然使用常规的人工照明可以缓解上述问题，但在没有自然光的地方，常规照明解决方案并不理想，因为它们无法实现像自然光一样的色温自然变化，但这对于人类生物钟的调节非常重要，也会影响到我们的健康[14]。随着智能LED的出现，智慧照明领域正在迅速发展，智慧照明除了能够节约可观的能源成本，还能根据环境提供最佳的光强度和光颜色。DTU图书馆建筑具有近80年的历史，其照明系统陈旧，DTU图书馆智慧化建设的重要一步就是用智慧照明系统替代传统灯泡。DTU图书馆创新与服务办公室的L. Binau认为，通过智慧照明系统，读者可以对不同区域照明系统进行个性化设置，优化馆内环境与气候水平，提高用户的学习效率，同时还可以节省大量能源。DTU图书馆智慧照明系统采用的是丹麦LED iBond公司智能LED面板，该智能LED适用于物联网，可用于智能建筑和环境互联，还允许集成各种电子设备，例如温度、湿度、噪

闫伟东. 丹麦技术大学智慧图书馆建设实践研究[J]. 图书情报工作,2021,65(8):122－130.

音、运动等物联网传感器[15]。

DTU 图书馆智慧照明系统可以满足用户的个性化需求,可以调节光强度,可以通过更改 LED 的色温来模拟一天的日光变化,比如早晨的光线较暖(红色),中午切换为较亮的(白色)灯光,并在傍晚时再次切换为较暖的灯光。根据不同的功能划分,DTU 图书馆智慧照明分为以下两个区域,在学生阅读、演讲或团队协作的区域,灯具设计为两个平行的 LED 光路,带有两组二极管,二极管通过不同的色温照明以建立自然光和聚焦的阅读光;在图书馆外部或走廊区域,LED 灯轨分别装有适应当前日光入射的可调光,可以根据入射的日光量进行调节[16]。据统计,DTU 图书馆智慧照明系统每年可为图书馆节约 88% 的能源。此外,基于该系统,读者还可以通过 APP 实现对其所在的特定区域的自定义照明,以调整其所在区域灯光的照明强度和颜色,其控制系统硬件架构如图 4 所示,用户 APP 应用程序和管理员系统通过路由器的 WiFi 与 Web 服务器实现网络连接[17]。

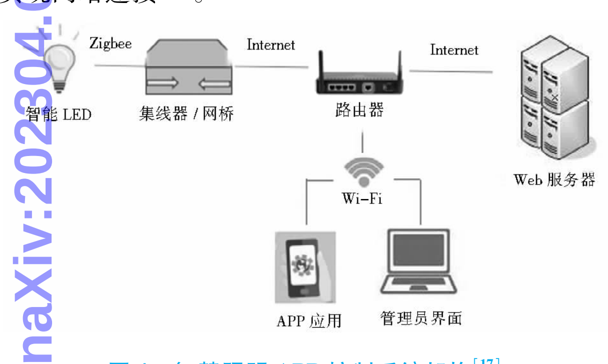


图 4　智慧照明 APP 控制系统架构[17]

2.3.2　生活实验室系统

生活实验室是基于开放式创新理念的创新网络,其本质就是在现实生活环境中建立研究环境,促进以用户为中心的创新。生活实验室涉及用户的创新参与方式,其目的是在一个局地范围内解决复杂和多学科的问题。在生活实验室中,所有各方都共同参与创造过程,构建多利益相关者和多学科的生态系统,可以从各个方面研究一个复杂的问题[18]。DTU 智慧图书馆的愿景就是要将其打造成生活实验室,LED iBond 智慧照明系统以及数千个不同类型的传感器构成了生活实验室的基础,研究人员通过照明的变化以及来自不同传感器的数据,对图书馆室内气候(比如温度、湿度或颗粒水平)或各种用户行为等进行研究,开发和测试不同的技术,同时增强人们对图书馆使用方式的了解,进而为创新及优化图书馆服务提供依据[19]。

DTU 图书馆生活实验室分为两种类型:①图书馆中的某个封闭区域,比如教室。在该封闭区域,研究人员可以加装新的传感器并使用不同的照明系统、通风系统和其他与智能建筑相关的产品进行实验,对该封闭区域的实验配套几乎没有任何限制。②图书馆的开放区域。由于开放区域的首要任务是保证室内环境友好。因此,开放区域与封闭区域不同,用户在开放区域与建筑物的交互实验会有所限制,以避免打扰图书馆其他读者。DTU 智慧图书馆是 DTU 智慧校园计划的一部分,学生或研究人员在图书馆生活实验室收集到有关温度、湿度、空气质量等方面的数据,也可以作为整个智慧校园更大数据量的一部分,研究人员和学生可以免费使用这些数据并进行科学研究[17]。

DTU 图书馆希望通过图书馆智慧化,进一步优化室内气候环境,同时能吸引学生和研究人员使用图书馆生活实验室来研究改善室内气候的方法。研究人员在 DTU 图书馆生活实验室中可以进行的部分试验项目如表 2 所示[20]:

表 2　研究人员在 DTU 图书馆生活实验室中进行的部分试验项目

试验项目	试验说明
光强调节试验,以减少供暖和制冷所需要的能耗	图书馆中有 5 个区域,在这些区域中用户可以自行调整光强度和颜色,测试结果可以用以改善室内气候,节省供热和制冷的能源
使用二氧化碳水平测试房间中的人数	使用 CO_2 传感器以及用于监测图书馆用户移动模式的 ModCam 摄像系统,通过房间中的二氧化碳水平来测试房间中的人数
通过改变运动模式和调整室内设计,改善室内声学效果	使用 ModCam 数据创建运动轨迹图,可以查看图书馆中的读者运动模式。使用声音传感器,可以获取图书馆中不同区域的噪音水平。通过比较噪声图和轨迹图,可以为图书馆室内设计创建不同的方案,优化 DTU 图书馆的学习环境
人的分布对室内气候的影响	通过分析 ModCam 的运动轨迹图和传感器箱中有关室内气候的数据来分析读者分布对室内气候的影响,进而使读者在图书馆中更均匀分布

3　DTU 图书馆智慧化建设特点

3.1　为书而建,更为人而建

图书馆舒适的环境可有效地促进读者学习,DTU 智慧图书馆建设始终坚持"为书而建,更为人而建"的理念,旨在为读者创建一流的学习环境,包括舒适的物理环境以及创新的学习软环境[21]。在物理环境层面,DTU 图书馆的智慧化建设首先考虑的就是改善室内气候,为读者创建灵活而舒适的学习环境,进而促进学习效率提升。DTU 图书馆的智慧化建设首先对图书馆空间进行重新设计及改造,在此基础上,安装了数千个照

明、温度、湿度、噪音、CO_2 等传感器,以实时分析照明、温度、湿度、噪音、CO_2 等数据,实现对照明、温度、湿度等环境因素的最佳化设置。在照明层面,通过智慧照明系统,读者还可以根据个人所需对于所处区域照明或温度等参数进行个性化设置,冷暖 LED 灯带组合会根据户外自然光情况自行改变比例以模拟动态自然光。在温度层面,DTU 图书馆通过温度、湿度等传感器收集的数据,监控整个建筑物的热损失,自动调节图书馆通风,用户在远程预订自修室时,可以远程选择适合自己的温度。在设施及家具层面,通过数字密钥分发系统提供基于物联网的智能储物柜 Place it,读者可以轻松地存储、交换或共享物品,还能降低设施管理成本,同时提高用户的使用效率。图书馆咨询台配备高端工作台,使读者与工作人员座位水平相同,实现了工作人员与图书馆用户之间的"对称"。DTU 图书馆还建有录音室,配备了视频录制所需的所有设备。为读者配置双屏电脑,这对于从事计算机科学研究的读者意义尤为明显。在空间布局上,DTU 图书馆分为喧哗区和安静区,在喧哗区,朋友之间可以交流对话、学术讨论甚至玩图书馆配置的游戏机;读者如果想要保持安静时,可以去安静区也可以从咨询台借用专用耳机[7]。通过基于 AR 路径导航的图书智能查找系统 Wayfinding,可以将读者引导到书本所在书架的位置,提高读者找书的便利性。另外,图书馆也正在探索通过在椅子上安装传感器以帮助读者找到空位子的最佳方法。在软环境层面,DTU 智慧图书馆通过室内生活实验室建设,学生、教师甚至企业研究人员可以在生活实验室中开展大量的研究并开发商业化的产品,比如提高市民环境保护意识的互动式教学系统 VoBu、智能储物柜系统 Place it 等。

3.2 数据是基础,更是驱动

数据是智慧图书馆建设的基础,同时也是智慧图书馆发展的重要驱动。DTU 图书馆在智慧化建设进程中,非常重视数据建设及服务,主要包括:①研究数据生产及提供。DTU 图书馆内配置了数千个各类型传感器,可以精确地反映图书馆空间内的气候条件,来自各个传感器的数据不仅成为提高用户舒适度和满足用户各种期望的工具,同时,这些数据也可以为学生、教师及科研人员的科学研究所使用,图书馆通过生产和提供新数据为科学研究提供了众多研究领域,真正与大学的科学研究联系在一起。②研究数据服务。DTU 图书馆馆员不仅提供研究所需的数据,还为研究人员提供研究数据服务,包括编制数据管理指南,为研究人员提供数据生命周期的支持服务,包括研究项目的启动和计划阶段的数据管理计划制定、基金资助者对版权及数据使用要求的梳理;研究和分析阶段的文档编制、存储、备份、数据安全和数据访问等;项目结束阶段的长期保存、数据存储和数据发布等。另外,DTU 图书馆员还通过数据收集和清洗来支持研究人员进行数据分析及挖掘。③数据科学研究。DTU 图书馆员正在牵头组织研究与数据科学相关的项目,以支持数据的组织和数据的可视化。另外,DTU 图书馆联合其他图书馆召开关于图书馆员数据科学的研讨会,成立图书馆数据科学组织,DTU 图书馆馆长任主席。④馆员数据素养培养。数据素养是收集、管理、评估和应用数据的能力,是知识经济时代人们所必备的基本技能[22]。在 DTU 图书馆,传统图书馆员角色早已弱化,图书馆几年前把保安岗位安置在图书馆内部,以解答诸如借还书、打印机在哪里等方面的问题,使专业的图书馆员处理更专业的诸如数据科学方面的问题。为了提升图书馆员数据素养,DTU 图书馆牵头定期举办图书馆员数据科学培训(Data Science Training for Librarians, DST4L)会,旨在应对数据科学面临的挑战,提升图书馆员有关数据收集、清理、分析、可视化的能力。另外,DTU 图书馆还不断推进图书馆内部文化,以实现以数据为中心的思维,旨在建立一个精通数据的图书馆员社区。

3.3 重视与利益相关者合作

DTU 智慧图书馆建设项目是学校智慧校园计划的一部分,其智慧化建设过程也是众多利益相关者共同参与合作的过程。在学校内部层面,主要合作的部门包括 DTU 校园服务部(CAS)、DTU 信息技术部、DTU Byg 建筑研究所、DTU 校园项目组。在学校外部层面,众多的相关公司参与了图书馆智慧化建设,有致力于物联网运营的 IOT Danmark、基于物联网的智慧照明方案提供商 LED iBond、智慧视觉解决方案提供商 IBM ModCam、能源管理设备制造商及服务商 North Q、数字产品工作室 Shape 等。值得强调的是,DTU 图书馆并不是大学的独立部门,而是学校创新与发展部(AIS)的一部分,这种管理架构可以助力图书馆轻松地创建跨部门团队,DTU 图书馆员还与从事非图书馆事务的员工共享办公空间,这意味着 DTU 图书馆员可以很容易地与其他领域的员工保持联系并开展业务合作。比如图书馆的版权服务部就是由两名图书馆员、一名律师以及一名谈判人员组成的跨部门团队[23]。DTU 智慧图书馆建设过程中也有众多学生参与的身影,在此过程中,图书馆甚至充当创新解决方案的孵化器,比如

基于AR路径导航的图书智能查找系统Wayfinding、基于物联网的智能储物柜系统Place it等,都是由学生主导开发的智慧化项目,其中Place it的开发团队为此注册了公司并开展了商业化运作。此外,DTU图书馆还与多家公司合作,展示相关公司的传感器解决方案,传感器所创建的大量数据对于图书馆创新服务有着巨大的价值并且具有很好的示范效应,因此,相关的解决方案可能会扩展到整个校园甚至校园以外。DTU图书馆通过与企业及研究人员的合作,提升自身智慧化程度的同时,也成为了创新解决方案的孵化器[24]。

3.4 注重新技术的应用

技术是图书馆智慧化的物理基础,特别是一些新兴的智能技术可以使图书馆变得更加智慧。DTU图书馆在其智慧化建设过程中也注重技术的应用,比如物联网(IoT)、传感器技术、智能LED技术、环境智能技术以及Li-Fi、iBeacon等新兴技术。通过Li-Fi技术,可以通过智能LED的光波传输来提供互联网连接,Li-Fi可以实现比WiFi更快的互联网访问速度;通过iBeacon技术,为图书馆读者提供虚拟图书馆导览,读者可以自行浏览图书馆的所有空间及服务[17];数字现实(digital reality)技术是DTU图书馆在虚拟现实、增强现实和混合现实(VR/AR/MR)领域的最新业务,DTU图书馆与Virsabi和KRING Innovation两家丹麦公司合作开发了具有数10种工具的数字平台,致力于将VR、AR和MR相关技术向全球用户推广。在该合作项目中,DTU图书馆负责收集和传播有关VR、AR、MR的最新发展、相关专利、市场趋势等方面的知识以及评估虚拟解决方案对合作方业务的影响。DTU图书馆还通过发布白皮书,为其他丹麦工业公司提供如何使用数字现实技术的建议和指导。DTU图书馆还创建了数字学习环境,使读者能够获得有关数字现实等新技术应用及其创新的知识,比如DTU智慧图书馆创建的DTU媒体实验室(DTU Media Lab),该实验室可作为读者的视频制作工作室、电视演播工作室、增强现实、虚拟现实工作室等,以提升师生及科研人员的新技术应用、实验及研究的能力[25]。

4 智慧图书馆建设建议

4.1 以人为本是核心

人类是智慧创造的主体,智慧图书馆一方面要为人类的智慧创造提供智慧化条件,另一方面要挖掘人类创造的智慧,进一步丰富图书馆智慧化内涵。人始终是智慧图书馆的核心要素,智慧图书馆的特征之一就是以人为本[26]。从传统图书馆到数字图书馆,再到智慧图书馆的转变体现了人本主义的理念。这种变化反映了图书馆从关注技术到关注人类发展的变化,并反映了智慧图书馆的智慧属性。智慧图书馆建设首要的原则就是要坚持以人为本,DTU图书馆的智慧化建设进程自始至终都坚持以人为本的原则,主要表现为:把纸质图书移至地下室,为读者提供更多的空间,安装数以千计的传感器为读者提供更加舒适的个性化学习环境,通过图书馆生活实验室的创建,创造性地为读者提供了灵活的科研环境。图书馆智慧化建设要坚持以人为本,具体可包括:①创建舒适的学习环境,由于舒适度可提升学习效率,图书馆可从空间、环境、设施、照明、温度、噪音等方面为读者提供细致入微的、友好舒适的学习环境;②营造创新的研究环境,为读者的科学研究提供必要的设施设备、通用的软件平台、基础的数据设施等;③搭建智慧的信息资源环境,以帮助读者在海量信息中准确找到他们所需的信息,这是智慧图书馆建设必须考虑的问题,图书馆必须借助各种增强型搜索以及基于自然语言处理的文本处理工具等新兴技术来构建以用户为中心的智慧发现系统;④建设优质的服务环境,智慧图书馆旨在为读者提供全方位、优质高效的服务,为此,图书馆需要通过特定的感知技术来对读者的信息行为、信息需求等进行收集及个性化分析,同时也需要考虑用户数据的稳私及用户数据的道德使用。

4.2 生活实验室是趋势

生活实验室源于欧美,是以用户为中心的开放式创新生态系统,麻省理工学院W. Mitchell教授将生活实验室定义为一种在不断变化的现实生活环境中,进行体验、原型设计、验证并不断优化复杂解决方案的研究方法。生活实验室旨在以用户为中心,在真实、协作的生活环境中进行产品及服务的研发[27]。随着智能技术的加速发展,数据和信息无疑将成为各种智慧解决方案的关键,图书馆拥有丰富的馆藏及用户数据资源,完全可以成为相关智慧化技术研究及测试的实验室,支撑用户的数据挖掘实验、模型测试以及数据科学学习等。此外,图书馆还可以通过智慧化基础设施建设,嵌入传感器网络,搭建智慧化实验环境,为读者收集并提供用于科学研究的实验数据以及配套的数据服务。图书馆通过生活实验室创建,在促进智慧技术发展及应用的同时,也可以强化图书馆自身的智慧化建设。欧美众多的图书馆正在推进生活实验室建设,DTU智慧图书馆的愿景就是创建一个生活实验室,芬

兰赫尔辛基中央图书馆、西班牙的 Miquel Batllori Volpelleres 公共图书馆等也在努力打造图书馆生活实验室[28]。图书馆是社会公共空间，用户身份多样，有科学家、企业家、艺术家、社会活动家等，图书馆可以充分发挥其作为公共空间的职能，通过生活实验室的创建，为不同身份的用户提供聚集、跨学科交流、协作以及共同研究的机会，使图书馆真正成为创新精神培育、创新思想激发、智慧激扬的创新中心。

4.3 特色化、渐近式发展是必然

智慧图书馆是针对图书馆所有要素和活动的智慧化，涉及图书馆空间、系统、资源、服务等整个硬环境及软环境的变革。截至目前，智慧图书馆仍然没有统一的概念，各种智慧化技术发展也日新月异，智慧图书馆的建设模式及路径可能也不会统一，因此，智慧图书馆的建设过程必将是一个边研究、边探索、边实践的过程，在此过程中，图书馆要根据自身的现状、规模、经费、已有的基础、服务的对象等，坚持特色化发展，探索适合自身特点的智慧化之路。图书馆智慧化建设过程是一项长期的、巨大的系统工程，整个过程不可能一蹴而就，需要基于自身的特点进行系统性的设计、统筹与规划，分阶段有序推进。DTU 图书馆的智慧化建设首先确定了其智慧化建设的愿景，即努力将其打造成一个生活实验室，进而对图书馆空间布局进行优化，将纸质图书全部移至地下室，将更多空间留给读者的同时，也为后续图书馆智慧空间建设奠定了基础。随后的智慧化基础设施建设，首先选取图书馆一楼的西北部作为试点项目区域，目的是测试智慧化建设方案，并以此调查用户的意见及兴趣，为图书馆智慧化建设提供系统性经验。在总结该试点项目建设经验的基础上，DTU 图书馆实施了规模化的智慧化基础设施建设、馆员数据服务能力建设等[17]。

4.4 拥抱智能技术是关键

随着信息技术的不断发展，图书馆信息组织、信息处理、信息传播和信息存储的方式正在发生变化，并不断开启新的范式。智慧图书馆的产生与发展，也正是基于这些不断涌现及发展的创新技术，智慧图书馆的重要基础就是智能技术[2]。当前智慧图书馆主流的智能技术主要包括：物联网、RFID、云计算、人工智能、数据挖掘、增强现实、图书馆机器人、环境智能、移动互联网、可穿戴设备、电子资源管理等。以人工智能为例，在智慧图书馆建设中，人工智能的应用主要包括：专家系统、自然语言处理、模式识别、机器学习、机器翻译等，其中专家系统和自然语言处理可应用于文献检索、文献分类、OPAC、发现平台、选书及推荐等，模式识别可应用于图书馆文本挖掘、文本分析、文本聚类等，机器学习则是各种统计建模、分析工具和计算方法在图书馆中的应用，比如可用于虚拟参考咨询、通过机器学习对文本进行特征提取以实现文本分析、自然语言理解等。当然，随着新一轮科技革命的不断升级变革，各种新兴的智能技术将层出不穷。当前由于图书馆经费预算以及图书馆员自身因素的影响，图书馆尚未充分认识到利用各种智能技术的潜力，以人工智能技术为例，根据 Ex Libris 最近的一项调查显示，虽然被调查的近 80% 的图书馆馆员正在探索 AI 和机器学习的使用，但目前只有 5% 的人正在利用该技术[29]。图书馆作为培养数字公民、启迪公民智慧的社会公共服务机构，应积极拥抱各种日新月异的智能技术，在启迪公民智慧的同时，也为智慧图书馆的创新发展不断注入新的活力。智慧图书馆是图书馆未来发展的必然趋势，为了适应不断变化的信息环境，图书馆需要将重点从传统角色转移到全新的方向，欢迎新变化，拥抱新技术，通过智慧图书馆建设，使图书馆重塑自我，以适应新一代读者不断变化的信息需求，并保持图书馆在新信息环境中的地位。

4.5 融入智慧城市发展进程

智慧城市的理念为智慧图书馆模式的创新提供了启示[30]，普华永道研究认为，智慧城市是指利用各种创新科技改善市民生活质量，包括提高图书馆的质量[31]。因此，智慧城市对智慧图书馆发展有一定的促进作用。另外，智慧城市建设需要知识基础设施，也需要培养智慧公民，而图书馆作为城市信息生态系统的一部分，其本身就是城市知识和技术基础设施，图书馆提供信息访问、开放数据，并产生新的信息、数据和知识，提升城市创新和创造力，促进城市智慧经济的发展；同时，图书馆作为城市公民终身学习场所，至力于提升公民的信息素养、数字素养，承担了智慧公民培养的责任；此外，智慧图书馆也可以作为智慧城市解决方案的试验台。因此，智慧城市建设也同样需要图书馆的参与，此外，智慧城市中的图书馆，应该具备智慧品质和特征[32]。因此，图书馆的智慧化建设应积极地融入智慧城市发展进程，促进智慧城市发展，提升自身智慧水平。DTU 智慧图书馆是遵循智慧城市模型的智慧图书馆项目，学生、教师及研究人员可以在其中使用其设施和数据来开发测试用于智慧城市建设的技术。DTU 智慧图书馆作为其所在市丹麦灵比（Lyngby）市智慧城市中心的建设单位，通过与不同学科、不同背景的

科研人员,就智慧城市技术开发和技能提升开展合作,以促进灵比(Lyngby)智慧城市发展[33]。除此以外,像瑞士阿劳市(Aarau)图书馆也积极融入阿劳市智慧城市发展进程,并成为阿劳智慧城市的重要组成部分,根据《阿劳(Aarau)市图书馆 2020-2025 数字化》报告,基于博伊德·科昂 (B. Cohen)的智慧城市轮理念,设计了阿劳市智慧图书馆行动领域,如图 5 所示,分别是:数字资源活动、数字资源借阅、数字基础设施和技术设备、数字通信、行政部门的工作组织、人力资源开发等[34]。

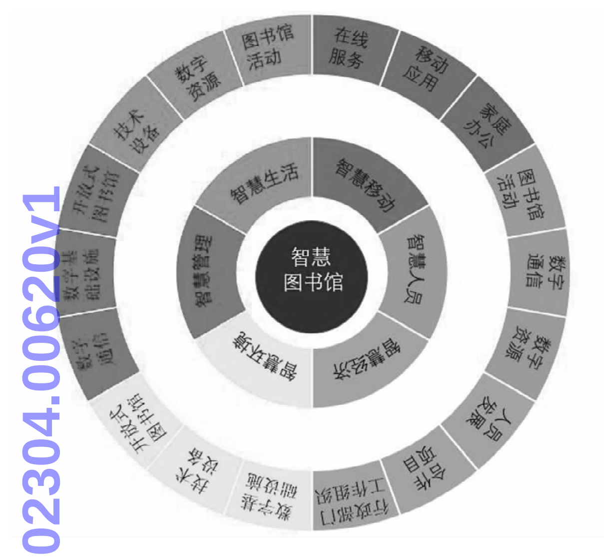


图 5　阿劳市智慧图书馆行动领域[34]

5 结语

图书馆是不断发展的有机体,信息及通信技术的发展促进了图书馆范式的变革,不断涌现的新技术进一步催生了智慧图书馆的概念,智慧图书馆为图书馆创新发展提供了新途径。图书馆的智慧化增强了图书馆的智慧服务能力,满足了读者更多个性化的服务需求。图书馆的智慧化也弥合了图书馆提供的服务与用户快速变化的服务需求之间的鸿沟,进一步彰显了图书馆的社会价值。丹麦 DTU 图书馆通过将传感器技术、物联网技术、大数据技术等融入其智慧化建设进程,并成功打造成服务校内师生及校外企业的生活实验室,成为渴望通过技术和服务创新以实现图书馆智慧化的典范,也为国内智慧图书馆研究提供了典型案例,其智慧化建设理念及经验也将为国内图书馆的智慧化建设提供借鉴。

参考文献:

[1] SCHÖPFEL J. Smart libraries[J]. Infrastructures,2018,3(43):1-11.

[2] SUMEER G, SHOHAR B. Smart libraries: an emerging and innovative technological habitat of 21st century[J]. The electronic library,2019,37(5):764-783.

[3] LAU P, YUNG K K O,YUNG E K N. A Smart bookshelf for library RFID system[C]//2008 Asia-Pacific microwave conference. Piscataway: IEEE, 2008:1-4.

[4] YANG C J,KANG H B,ZHANG L,et al. A design of smart library energy consumption monitoring and management system based on IoT[C]//Proceedings of the fifth Euro-China conference on intelligent data analysis and applications. Berlin: Springer, 2018:217-224.

[5] YANG X,HE D F,HUANG W Y,et al. Smart library: identifying books on library shelves using supervised deep learning for scene text reading [C]//Proceedings of the ACM/IEEE joint conference on digital libraries. Piscataway: IEEE,2017:1-4.

[6] BAGAL D,SAINDANE P. Library - a face recognition and QR code technology based smart library system[C]//2019 international conference on communication and 4 lectronics systems. Piscataway: IEEE, 2019:253-258.

[7] HOANG A N. Koncept smart library[D]. Brno: Masarykova Univerzita,2019.

[8] BINAU L. SMART library [EB/OL]. [2020-06-15]. https://www. oclc. org/content/dam/oclc/events/2017/EMEARC2017/EMEARC-2017-Session-L-Academic-Library-Transformation-Part-2-Lars-Binau. pdf.

[9] 初景利,段美珍. 智慧图书馆与智慧服务[J]. 图书馆建设,2018(4):85-90,95.

[10] DTU. DTU årsrapport 2019[EB/OL]. [2021-02-01]. https://issuu. com/dtudk/docs/dtu _ _ rsrapport _ 2019? fr = sYmE2MzQ4NjgwMg.

[11] SKYGGEBJERG L K. Bibliotekets rødder i det fremvoksende industrisamfund[EB/OL]. [2020-03-10]. https://backend. orbit. dtu. dk/ws/portalfiles/portal/139800049/DTU _ Library _ 75. pdf.

[12] VIKTOR Z. Az Internet of things könyvtári lehetöségei - Útban a smart library felé? [J]. Tudományos és müszaki tájékoztatás,2017(64):606-618.

[13] 霍星明,尤江东. AIoT 技术驱动下智慧图书馆建设思考[J]. 河南图书馆学刊,2020,40(9):97-98,104.

[14] DTU case study[EB/OL]. [2020-04-15]. https://ledibond. com/case/dtu-daylight.

[15] Led ibond receives grant to develop led infrastructure with ektos and other partners [EB/OL]. [2020-07-23]. https://ektos. net/led-ibond-grant/.

[16] DANBORG M M,KUNDLA M. Guidelines for lighting activity zones in existing and future libraries[D]. Copenhagen: Aalborg University Copenhagen,2018.

[17] JØRGEN F W. Develop of a proof of concept for the utilization of data for an optimal and controllable indoor environment at the DTU Library Living Lab[D]. Copenhagen: Technical University of Den-

mark,2016.

[18] FEREY G, ROUSSEAU S, GIULIANO S. Living lab [EB/OL]. [2020-06-26]. https://dicoagroecologie.fr/en/encyclopedia/living-lab/.

[19] DTU smart library equipped with LED lighting[EB/OL]. [2020-02-15]. http://ledibond.com/wp-content/uploads/2018/03/DTU-Library-case.pdf.

[20] REFN A. Projects you could work with in DTU library's living lab: DTU smart library[EB/OL]. [2020-04-10]. https://www.bibliotek.dtu.dk/english/servicemenu/visit/smart-library/you-can/examples.

[21] MXSZ. Visite d'inspiration-Danemark-DTU Bibliotek[EB/OL]. [2020-01-25]. http://blog.univ-angers.fr/buapro/2019/10/28/viste-dinspiration-danemark-dtu-bibliotek-dtu-smart-library/.

[22] CHANTEL R, JAMES R, MIKE S, et al. Strategies and best practices for data literacy education knowledge synthesis report[R]. Nova Scotia: Dalhousie University, 2015.

[23] PEDERSEN K B, WOLAŃSKA A. Model duński, czyli jakość ponad ilość[J]. Biuletyn EBIB, 2019, 186(3):1-7.

[24] DTU smart library[EB/OL]. [2020-01-11]. http://lighting-metropolis.com/projects_post/dtu-smart-library/.

[25] PEDERSEN K B. DTU media lab[EB/OL]. [2020-01-23]. https://www.bibliotek.dtu.dk/english/servicemenu/visit/study/medialab.

[26] 王世伟. 未来图书馆的新模式——智慧图书馆[J]. 图书馆建设,2011(12):1-5.

[27] ERIKSSON M, NIITAMO V P, KULKKI S, et al. Living labs as a multi-contextual R&D methodology[C]//IEEE international technology management conference. Piscataway: IEEE, 2006:1-8.

[28] VILARIÑO F, KARATZAS D, VALCARCE A. The library living lab: a collaborative innovation model for public libraries[J]. Technology innovation management review, 2018, 8(12):17-25.

[29] Artificial Intelligence in the library: advantages, challenges and tradition[EB/OL]. [2020-08-15]. https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2909474/Ex%20Libris%20Artificial%20Intelligence%20White%20Paper.pdf.

[30] 王世伟. 略论智慧图书馆的五大关系[J]. 图书馆杂志,2017,36(4):4-10.

[31] 王君弼. 迈向我们智慧城市的新里程[EB/OL]. [2020-08-20]. https://www.pwccn.com/zh/research-and-insights/greater-bay-area/advance-to-next-stage-of-our-smart-city-journey.pdf.

[32] 杨沛超. 智慧图书馆是呼之欲出还是扑朔迷离[EB/OL]. [2020-07-14]. https://www.sohu.com/a/193296043_748548.

[33] MADSEN M J. Smart city hub [EB/OL]. [2020-07-10]. https://vidensby.dk/en/projekt/smart-city-hub/.

[34] HOCHSTRASSER J. Digitales konzept für die Stadtbibliothek Aarau für die jahre 2020-2025[R]. Aarau: Stadtbibliothek Aarau, 2019.

Research on the Construction Practice of Smart Library at the Technical University of Denmark

Yan Weidong
University Town Library of Shenzhen, Shenzhen 518055

Abstract: [**Purpose/significance**] Through empirical research on typical foreign smart libraries, this paper aims to provide reference for the construction and development of smart libraries. [**Method/process**] Using literature research method, comparative analysis method and typical case analysis method to conduct research, this paper sorted out the current status, goals, infrastructure and core systems of the smart library of the Technical University of Denmark (DTU), analyzed its smart construction concepts and practical characteristics. [**Result/conclusion**] Smart libraries are the inevitable trend of the future development of libraries. People are the core element of the library. The construction of smart libraries should be people-oriented. The construction of living laboratories is one of the development trends of smart libraries. At the same time, the construction of smart libraries is impossible to accomplish overnight, it is necessary to adhere to characteristic and gradual development, to embrace various smart technologies, and to continuously integrate into the development process of smart cities.

Keywords: smart library DTU library practice